

SKRIPSI

ANALISIS PENGARUH DURASI OZON PADA PROSES OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT FISIK, KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT

Disusun dan diajukan oleh:

**NUR MUHAMMAD BRILLIANT
D021181010**



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN
GOWA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**ANALISIS PENGARUH DURASI OZON PADA PROSES
OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT FISIK,
KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT**

Disusun dan diajukan oleh:

Nur Muhammad Brilliant
D021181010

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka penyelesaian
Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal Oktober 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing I


Dr. Ir. Hairul Arsvad, ST., MT.
NIP.197503222002121001

Pembimbing II


Prof. Dr. Eng. Ir. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT.
NIP. 19711221998021001

Ketua Departemen Teknik Mesin,


Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, ST., MT.
NIP.19720825200001001

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nur Muhammad Brilliant

NIM : D021181010

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul:

ANALISIS PENGARUH DURASI OZON PADA PROSES OZONISASI SERAT KAPUK TERHADAP SIFAT FISIK, KOMPOSISI DAN MORFOLOGI SERAT

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain dan bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

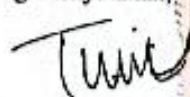
Semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul dan atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Segala data dan informasi yang diperoleh selama proses pembuatan skripsi, yang akan dipublikasi oleh Penulis di masa depan harus mendapat persetujuan dari Dosen Pembimbing.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan isi skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Gowa, Oktober 2023

Yang Menyatakan,



Nur Muhammad Brilliant



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan skripsi ini dengan judul “**Analisis Pengaruh Durasi Ozon Pada Proses Ozonisasi Serat Kapuk Terhadap Sifat Fisik, Komposisi dan Morfologi Serat**” yang menjadi salah satu syarat kelulusan untuk mencapai gelar Sarjana Teknik di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Shalawat serta salam senantiasa kita haturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah menjadi suri tauladan yang baik dan membawa umat manusia ke kehidupan yang lebih beradab.

Penulis tentu sadar bahwa skripsi ini belum mencapai harapan yang maksimal dan jauh dari redaksi kata sempurna, hal ini murni karena keterbatasan pengetahuan serta kemampuan penulis yang hanya manusia biasa dan masih dalam tahap mendewasakan diri. Untuk itu dalam sadar dan rasa hormat penulis memohon maaf atas semua kekurangan dan kesalahan yang terjadi dalam proses penulisan dan perumusan skripsi ini, serta penulis berharap masukan dan saran serta bimbingan agar kedepannya penyusun dapat menjadi pribadi yang lebih baik lagi.

Tak lupa pula penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah ada dan hadir dalam kehidupan penulis baik yang secara langsung maupun tidak langsung membantu penulis sehingga dapat melewati dan menyelesaikan segala suka dan duka bersama, sehingga pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Teristimewa penulis haturkan terima kasih kepada kedua orang tua penulis Bapak **John Briex** dan Ibu **Asylailah** yang senantiasa selalu mendoakan dan memberi dukungan moril dan materil kepada penulis. Dengan rasa terima kasih dan rendah hati, Atas alasan itu pula penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan banyak sekali nikmat-Nya yang tidak dapat dihitung satu per satu, terlebih lagi nikmat ilmu dan hidayah kepada Penulis, sehingga Penulis dapat berada dititik ini.

2. Seluruh keluarga besar, khususnya orang tua saya tercinta Bapak John Briex dan Ibu Asylailah, terima kasih atas semua kasih sayang, do'a, petuah, dukungan dan segala hal yang diberikan dan tidak pernah putus untuk penulis.
3. Kakak Miftahadl Juan Kharisman, ST dan kakak Jeanny Eliana Islamyra, ST yang selalu membimbing, mendukung, memberi do'a dan berusaha menjadi kakak yang terbaik bagi penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT. selaku ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta seluruh staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan akses dan administrasi yang diberikan.
5. Bapak Dr. Ir. Hairul Arsyad, ST., MT. dan Bapak Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT, atas ilmu, saran, kritik dan masukkannya selaku pembimbing I dan pembimbing II Penulis dalam skripsi ini
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT. dan Bapak Dr. Eng Lukman Hakim Arma, ST., MT atas ilmu, saran, kritik dan masukkannya selaku penguji I dan penguji II Penulis dalam skripsi ini
7. Segenap Dosen Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas semua ilmu dan dedikasi yang diberikan dalam mengajari, mendidik dan membimbing Penulis selama berkuliah
8. Tina yang selalu memberikan dukungan dengan tulus untuk berjuang menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas.
9. Kanda-kanda senior, adik-adik junior dan seluruh warga HMM FT-UH atas kebersamaan dan pengalaman yang diberikan, khususnya untuk saudara-saudara seperjuangan penulis, REACTOR 2018, yang sudah memberikan warna tersendiri bagi penulis baik dalam keadaan suka maupun duka selama menempuh perkuliahan yang tidak bisa dilupakan
10. Teman-teman seperjuangan Laboratorium Metalurgi Fisik FT-UH
11. Teman-teman Perumas yang tidak dapat sebutkan Namanya satu persatu terima kasih untuk dukungan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini

12. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah mendukung dan membantu penulis. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian semua dengan sesuatu yang jauh lebih baik.

ABSTRAK

NUR MUHAMMAD BRILLIANT. *Analisis Pengaruh Durasi Ozon Pada Proses Ozonisasi Serat Kapuk Terhadap Sifat Fisik, Komposisi dan Morfologi Serat* (Dibimbing oleh Hairul Arsyad dan Andi Erwin Eka Putra).

Sebagai serat tanaman yang biasa disebut lignoselulosa, serat kapuk telah digunakan sebagai bahan penguat dalam matriks poliester melalui hibridisasi. Serat kapuk merupakan serat biji organik yang sangat lignifikasi dan terdiri dari selulosa, lignin dan xilan. Dinding sel pada lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi memberikan kekuatan pada sel. Ozon dikenal sebagai gas yang mampu memutihkan atau mengoksidasi barang tertentu. Ozon dapat digunakan untuk memecah lignin, hemiselulosa dan selulosa.

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis pengaruh durasi ozonisasi terhadap komposisi, sifat fisis, dan morfologi serat kapuk.

Dengan metode Studi Lapangan dengan mengumpulkan data langsung dari analisa yang dilakukan dari tempat penelitian, meliputi setiap hasil penelitian, dokumentasi, dan data yang relevan terhadap penelitian. Ini bisa berbentuk tulisan dan gambar sehingga mengelolanya dalam bentuk tabel dan grafik. Serta metode Studi kepustakaan dengan membaca dan mengumpulkan data-data teoritis melalui referensi yang bersangkutan dengan masalah yang akan dibahas, sehingga diperoleh landasan yang digunakan dalam pemecahan masalah tersebut.

Ozon memiliki selektivitas oksidasi yang berbeda terhadap lignoselulosa. Dalam paparan ozon yang lebih lama, degradasi lignin dapat terjadi lebih cepat dibandingkan hemiselulosa dan selulosa, sehingga mengakibatkan peningkatan proporsi hemiselulosa dan selulosa relatif terhadap komponen lainnya. Semakin lama durasi ozon yang digunakan maka saturasi warna dari kapuk terlihat bersih atau memutih dan beratnya juga akan berkurang. Pengaruh yang signifikan pada serat kapuk ketika sebelum dan sesudah proses ozonisasi terhadap perubahan morfologi pada serat kapuk.

Kata kunci : Zerat Kapuk, Lignin, Selulosa, Hemiselulosa

ABSTRACT

NUR MUHAMMAD BRILLIANT. *Analysis of Effect of Ozone Duration on Kapok Fiber Ozonization Process on Physical Properties, Composition and Fiber Morphology (Supervised by Hairul Arsyad and Andi Erwin Eka Putra)*

As a plant fiber commonly called lignocellulosic, kapok fiber has been used as a reinforcing material in a polyester matrix through hybridization. Kapok fiber is highly lignified organic seed fiber and consists of cellulose, lignin and xylan. The cell wall of lignin is closely related to cellulose and functions to provide strength to the cell. Ozone is known as a gas capable of bleaching or oxidizing certain items. Ozone can be used to break down lignin, hemicellulose and cellulose.

The purpose of this study was to analyze the effect of the duration of ozonation on the composition, physical properties and morphology of kapok fiber.

With the Field Study method by collecting data directly from the analysis carried out from the research site, covering every research result, documentation, and data relevant to the research. This can be in the form of text and images so manage it in the form of tables and graphs. As well as the literature study method by reading and collecting theoretical data through references concerned with the problem to be discussed, in order to obtain the basis used in solving the problem.

Ozone has different oxidation selectivity towards lignocellulose. In longer exposure to ozone, lignin degradation can occur more rapidly than hemicellulose and cellulose, resulting in an increase in the proportion of hemicellulose and cellulose relative to other components. The longer the duration of the ozone used, the color saturation of the cotton looks clean or white and the weight will also decrease. Significant effect on kapok fiber when before and after the ozonization process on morphological changes in kapok fiber.

Keywords : Kapok Zerat, Lignin, Cellulose, Hemicellulose

DAFTAR ISI

SKRIPSI.....	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN.....	1
1. 1 Latar Belakang.....	1
1. 2 Rumusan Masalah	5
1. 3 Tujuan Penelitian	5
1. 4 Batasan Penelitian	5
1. 5 Manfaat Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Serat Kapuk	6
2.2 Macam-macam Kapuk.....	7
2.3 Sifat Kapuk	8
2.4 Lignin	10
2.5 Struktur dan Berat Molekul Lignin	10
2.6 Ozon	11
2.7 Generator Ozon	13
2.8 Selulosa	14
2.9 Hemiselulosa.....	15
2.10 FTIR	17
2.11 Uji Morfologi.....	18
BAB III.....	19
METODOLOGI PENELITIAN	19
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	19

3.2	Alat dan Bahan.....	19
3.2.1.	Alat.....	19
3.2.2.	Bahan.....	23
3.3	Metode Pengambilan Data.....	24
3.4	Prosedur Penelitian.....	25
3.4.1	Analisis Lignin, Hemiselulosa dan Selulosa.....	25
3.4.2	Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)	27
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	28
BAB IV		29
PEMBAHASAN.....		29
4.1	Pengaruh Durasi Ozon terhadap Perubahan Komposisi Serat Kapuk	29
4.1.1	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Persentase Kadar Lignin.....	30
4.1.2	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Persentase Kadar Hemiselulosa	31
4.1.3	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Persentase Kadar Selulosa	32
4.2	Pengaruh Durasi Ozonisasi Terhadap Sifat Fisis Serat Kapuk	33
4.2.1	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Warna Kapuk.....	33
4.2.2	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Kehilangan Berat serat Kapuk	35
4.3	Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Morfologi Serat Kapuk.....	36
4.3.1	Hasil Grafik FTIR dari Serat Kapuk.....	39
BAB V PENUTUP		49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Struktur molekul lignin	11
Gambar 2 Pembentukan dan penghancuran ozon secara alami	12
Gambar 3 Representasi skematis dari generator ozon yang bekerja berdasarkan prinsip Dielectric Barrier Disharge (DBD).....	13
Gambar 4 Struktur selulosa	15
Gambar 5 Struktur Hemiselulosa.....	16
Gambar 6 Generator Ozon.....	19
Gambar 7 Wadah	20
Gambar 8 Microwave.....	20
Gambar 9 Stopwatch.....	20
Gambar 10 Timbangan Digital Skala 0,001 gr	21
Gambar 11 Penangas.....	21
Gambar 12 Hand sprayer.....	21
Gambar 13 Tabung reaksi.....	22
Gambar 14 Kaca masir (sintered glass)	22
Gambar 15 Desikator	22
Gambar 16 Tanur	23
Gambar 17 Mikroskop laser 3D Measuring Laser Microscope OLS4100	23
Gambar 18 Kapuk.....	23
Gambar 19 Aquades.....	24
Gambar 20 Diagram alir Penelitian.....	28
Gambar 21 Grafik Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Perubahan Lignin.....	30
Gambar 22 Grafik Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Persentase Kadar Hemiselulosa	31
Gambar 23 Grafik Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Persentase Kadar Selulosa	32
Gambar 24 (a) Non Treatment (normal) pada serat kapuk, (b) Ozonisasi Serat kapuk 30 menit dengan berat 10 gram.....	33
Gambar 25 (a) Ozonisasi Serat kapuk 60 menit dengan berat 10 gram, (b) Ozonisasi Serat kapuk 90 menit dengan berat 10 gram.....	34
Gambar 26 Ozonisasi Serat kapuk 30 menit dengan berat 30 gram	34
Gambar 27 Grafik Pengaruh Durasi Ozon Terhadap Kehilangan Berat Serat Kapuk	35
Gambar 28 Serat Tunggal Dari Kapuk Sebelum Ozonisasi	36
Gambar 29 Serat Tunggal Dari Kapuk Direndam Dan Dikeringkan Tanpa Ozonisasi	37
Gambar 30 Serat Tunggal Dari Kapuk Setelah Ozonisasi.....	39

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Sifat kimia serat alam	9
Tabel 2 Sifat fisika serat alam	9
Tabel 3 Rencana dan Jadwal Penelitian	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4 Pengaruh Durasi Ozon terhadap Perubahan Komposisi Serat Kapuk	29
Tabel 5 Pengaruh Durasi Ozonisasi Terhadap Kehilangan Berat Serat Kapuk	35

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pohon kapuk termasuk dalam *family Bombaceae* atau dikenal sebagai famili tumbuhan berbunga yang tumbuh di Asia, Afrika dan Amerika Selatan. Kapuk adalah serat sutra yang membungkus biji pohon kapuk (*Ceiba pentandra*), dan warnanya kekuningan atau coklat muda dengan kilau seperti sutra. Serat kapuk terdiri dari rambut tanaman bersel tunggal, berbeda dengan kapas, yang lignifikasi dan tidak melekat pada biji-bijian. Karena keunikan bahan berbasis serat kapuk, telah mampu membuka kemungkinan untuk berbagai bidang aplikasi baru.

Serat kapuk dan material kompositnya semakin mendapat perhatian dalam beberapa penelitian tahun terakhir. Secara konvensional, serat kapuk digunakan sebagai isian untuk tempat tidur, pelapis, pelindung kehidupan dan peralatan keselamatan air lainnya karena daya apung dari serat kapuk yang sangat baik (Zhang *et al.*, 2013). Serat kapuk juga bersifat insulasi terhadap suara dan panas karena lumennya yang berisi udara (Xiang *et al.*, 2013). Serat kapuk biasanya dicampur dengan serat lain karena sifat retensi kehangatannya untuk memperoleh tekstil pakaian yang diinginkan (Hong *et al.*, 2012).

Sebagai serat tanaman penting yang komponen utama penyusun dinding sel tumbuhan atau biasa disebut lignoselulosa, serat kapuk telah digunakan sebagai bahan penguat dalam matriks poliester melalui hibridisasi dengan kaca dan kain sisal (Reddy *et al.*, 2008). Serat kapuk juga ditambahkan ke dalam termoplastik pati singkong (TPCS) agar mengurangi penyerapan air dari komposit serat TPCS/kapuk dan meningkatkan tegangan pada beban maksimum dan modulus Young (Prachyawarakorn *et al.*, 2013). Lapisan lilin pada permukaannya memungkinkan serat ini menunjukkan karakteristik hidrofobik-oleofilik yang sangat baik dan karenanya serat ini semakin diminati sebagai bahan penyerap minyak (Wang *et al.*, 2012; Huang dan Lim, 2006; Abdullah *et al.*, 2010; Rengasamy *et al.*, 2011) dan pada kertas kemasan yang membutuhkan kekuatan dan anti air (Chaiarekij *et al.*, 2012). Serat kapuk juga dapat digunakan sebagai bahan template yang diinginkan karena struktur mikrotube alaminya (Zhang *et al.*, 2010) atau kandidat pendukung,

misalnya sebagai pembawa katalis (Fan *et al.*, 2012). Selain itu, serat ini dianggap sebagai bahan awal yang potensial untuk pembuatan serat karbon aktif serbaguna (Chung *et al.*, 2013) atau sebagai sumber generasi kedua untuk bioetanol (Tye *et al.*, 2012).

Serat kapuk juga merupakan serat biji organik yang sangat lignifikasi dan terutama terdiri dari selulosa, lignin dan xilan (Gao *et al.*, 2012). Kandungan kimia yang terdapat pada serat kapuk bervariasi dalam laporan yang berbeda. Pernyataan satu studi menyatakan bahwa kandungan serat kapuk secara kimiawi terdiri dari 64% selulosa, 13% lignin, dan 23% pentosan berdasarkan berat (Kobayashi *et al.*, 1977), sementara studi yang lain menemukan bahwa serat kapuk terdiri dari 35% selulosa, 21,5% lignin, dan 22% xilan, dengan rasio unit *syringyl/guaiacyl* yang tinggi (4–6) dan tingkat gugus asetil yang tinggi (13,0%) dibandingkan dengan dinding sel tumbuhan normal (sekitar 2%– 4%) (Chung *et al.*, 2009). Perbedaan tersebut mungkin terkait dengan perbedaan sumber kapuk dan teknik pengolahannya. Derajat kristalisasi serat kapuk telah ditentukan menjadi 35,90%, birefringence spesifik 0,017 dan kerapatan curahnya adalah 0,30 g/cm mengingat lumennya yang besar (Xiao *et al.*, 2005).

Lignin merupakan salah satu zat komponen penyusun tumbuhan dengan komposisi bahan penyusun yang berbeda-beda tergantung jenisnya. Lignin terdapat di antara sel-sel dan di dalam dinding sel. Di antara sel-sel, lignin berfungsi sebagai perekat untuk mengikat sel-sel bersama-sama. Dinding sel pada lignin sangat erat hubungannya dengan selulosa dan berfungsi untuk memberikan kekuatan pada sel. Lignin dapat mengurangi daya pengemban ikatan antar serat. Lignin adalah gabungan beberapa senyawa yang hubungannya erat satu sama lain, mengandung karbon, hidrogen dan oksigen, namun proporsi karbonnya lebih tinggi dibanding senyawa karbohidratnya (Tillman dkk, 1989).

Lebih dari 30% tanaman tersusun atas lignin yang memberikan bentuk yang kokoh dan memberikan proteksi terhadap serangga atau serangan cendawan dikarenakan lignin berpengaruh dalam mempertinggi sifat racun suatu tanaman. Pengubahan dari hidrofobisitas serat kapuk menjadi hidrofilik, biasanya digunakan perlakuan oksidasi dengan NaClO₂. Proses ini dapat menghilangkan beberapa

senyawa fenolik (terutama lignin) dari serat kapuk (Kang *et al.*, 2007), dan kemudian kandungan lignin pada serat kapuk dapat berkurang drastis dari 20,9% menjadi 2,6%. Hasil ini juga dibuktikan dengan penurunan total alkaline nitrobenzene oxidation (NBO) yang dihasilkan dari 78,4 mg/g CWR (residu dinding sel) untuk kontrol menjadi 10,5 mg/g CWR untuk sampel yang diberi perlakuan NaClO_2 (Chung *et al.*, 2008). Spektro FT-IR mengungkapkan bahwa untuk serat kapuk yang diberi perlakuan NaClO_2 , pita serapan di sekitar 1602 dan 1504 cm^{-1} hampir hilang, menandakan pembelahan cincin aromatik pada lignin (Wang *et al.*, 2012). Perlakuan NaClO_2 merupakan pendekatan yang efektif untuk mengubah sifat permukaan serat kapuk. Seperti yang telah diungkapkan oleh penelitian, tetesan air menunjukkan sudut kontak yang besar pada serat kapuk mentah ($\theta = 116^\circ$), sedangkan tetesan air dengan cepat meresap ke dalam serat kapuk yang diberi NaClO_2 , untuk membentuk radius penyebaran yang besar di permukaan (Wang *et al.*, 2012). Selanjutnya, perlakuan NaClO_2 efektif dalam mengubah struktur agregat dan memperluas daerah amorf pada serat kapuk, dengan penurunan indeks kristalinitas masing-masing dari 35,34% menjadi 26,97% untuk serat kapuk tanpa perlakuan dan NaClO_2 (Wang *et al.*, 2012). Selanjutnya, serat kapuk yang diberi perlakuan NaClO_2 menunjukkan daya serap minyak yang lebih tinggi, dengan persentase masing-masing sebesar 19,8%, 30,0%, 21,5% dan 24,1% untuk toluena, kloroform, n-heksana, dan xilena. Selain itu, serat kapuk yang diolah dengan NaClO_2 menunjukkan penggunaan kembali yang lebih baik, menunjukkan potensi besar untuk pemulihan minyak (Wang *et al.*, 2012). Karena sifat hidrofilik diperkenalkan oleh delignifikasi, serat kapuk yang diolah dengan NaClO_2 dapat (i) dirancang untuk menghilangkan pewarna kationik metilen biru (MB) dari larutan berair, dengan kapasitas adsorpsi 110,13 mg/g (Liu *et al.*, 2012); (ii) dicangkokkan dengan *glycidyl methacrylate* (GMA) di bawah iradiasi dengan sinar gamma Co-60, sehingga produk cangkok yang dihasilkan akan dilengkapi dengan fungsi baru seperti pertukaran ion dan sifat adsorpsi, dengan yang asli properti tetap utuh (Kang *et al.*, 2007). Setelah serangkaian perlakuan oksidasi, yaitu perlakuan NaClO_2 – NaIO_4 – NaClO_2 , serat kapuk teroksidasi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben untuk logam berat. Adsorpsi yang ditingkatkan ini untuk ion logam berat ke serat kapuk yang teroksidasi secara kimia dikaitkan dengan generasi kelompok

–COOH (Chung *et al.*, 2008). (Tang *et al.*, 2012) telah mengamati bahwa dengan oksidasi TEMPO (2,2,6,6-tetramethyl-1-piperidinyloxy), jumlah Cd menempel pada serat kapuk/ nanokomposit CdS lebih tinggi dari serat kapuk yang tidak diolah, dan nanopartikel CdS melekat pada serat kapuk/nanokomposit CdS dengan Oksidasi TEMPO menyebar lebih merata dan memiliki diameter yang lebih seragam.

Oksidator kuat pada ozon dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (sterilization), menghilangkan warna (decoloration), menghilangkan bau (deodorization) dan menguraikan senyawa organik (degradation). Ozon telah digunakan sebagai pembersih alternatif dalam pengolahan sayur dan buah-buahan, bahkan dapat digunakan sebelum proses panen (Miller, *et al.*, 2013). Ozon dikenal sebagai gas yang mampu memutihkan atau mengoksidasi barang-barang tertentu. Dikarenakan memiliki kapasitas pengoksidasi sangat baik yang dapat bereaksi dengan berbagai zat organik dan anorganik dalam air karena serangkaian zat antara atau produk sampingan seperti radikal hidroksil yang akan bereaksi tanpa selektivitas maka dapat dihasilkan dalam reaksi antara ozon dan air (Hoigne, Bader 1976).

Ozonasi atau penerapan ozon telah banyak digunakan diberbagai sektor industri. Misalnya, literatur terakumulasi mengenai ozonasi yang diterapkan pada pengolahan limbah (Tehranibagha *et al.*, 2010), pemutihan atau setelah pembersihan bahan mentah (Avinc *et al.*, 2012) serta modifikasi serat (Bradley *et al.*, 1993). Aplikasi ozon yang dikembangkan dengan baik telah membuat perbedaan yang signifikan di bidang ini terutama yang berkaitan dengan ekologi karena ozon memiliki potensi oksidasi yang tinggi tanpa memancarkan polusi sekunder dan dapat terurai dengan cepat menjadi O₂ setelah diproses (Eren *et al.*, 2014).

Ozon dapat digunakan untuk memecah lignin dan hemiselulosa dalam banyak bahan lignin, sebagai hasil dari pra-perlakuan tersebut produk beracun tidak terbentuk untuk proses selanjutnya, reaksi dilakukan pada temperatur suhu kamar dan tekanan atmosfer (A Kh Safiullina *et al.*, 2020).

Berdasarkan uraian di atas, maka penulis tertarik melakukan penelitian untuk melihat pengaruh konsentrasi ozon pada proses ozonisasi serat kapuk terhadap sifat fisik, komposisi dan morfologi serat.

1.2 Rumusan Masalah

Ada beberapa rumusan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh durasi ozonisasi terhadap komposisi serat kapuk.
2. Bagaimana pengaruh durasi ozonisasi terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Bagaimana pengaruh durasi ozonisasi terhadap morfologi serat kapuk.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh durasi ozonisasi terhadap komposisi serat kapuk.
2. Menganalisis pengaruh durasi ozonisasi terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Menganalisis pengaruh durasi ozonisasi terhadap morfologi serat kapuk.

1.4 Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Durasi yang digunakan 30, 60, dan 90 menit.
2. Berat yang digunakan 10 gram dan 30 gram.
3. Pengujian yang dilakukan pengujian FTIR dan pengujian Morfologi.
4. Bahan yang digunakan adalah kapuk.
5. Konsentrasi ozon yang digunakan 500 mg/jam, 1000 mg/jam dan 1500 mg/jam

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yakni sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh durasi ozonisasi terhadap komposisi kapuk.
2. Mengetahui pengaruh durasi ozonisasi terhadap sifat fisis serat kapuk.
3. Mengetahui pengaruh durasi ozonisasi terhadap morfologi serat kapuk.
4. Menjadi bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian dapat dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Kapuk

Kapuk adalah serat sutra yang membungkus biji pohon kapuk (*Ceiba pentandra*), dan warnanya kekuningan atau coklat muda dengan kilau seperti sutra. Serat kapuk terdiri dari rambut tanaman bersel tunggal, berbeda dengan kapas, yang lignifikasi dan tidak melekat pada biji-bijian. Serat kapuk dapat dicampur dengan serat lain untuk mendapatkan tekstil pakaian jadi dengan karakteristik yang diinginkan (Hong *et al.*, 2012). Serat kapuk juga dapat ditambahkan ke dalam termoplastik pati singkong (TPCS) untuk mengurangi penyerapan air dari komposit serat TPCS/kapuk dan meningkatkan tegangannya pada beban maksimum dan modulus Young (Prachyawarakorn *et al.*, 2013). Selain itu, serat ini dianggap sebagai bahan awal yang potensial untuk pembuatan serat karbon aktif serbaguna (Chung *et al.*, 2013) atau sebagai sumber generasi kedua untuk *bioetanol* (Tye *et al.*, 2012). Dengan fokus pada struktur dan sifat serat kapuk, ulasan ini memberikan ringkasan studi terbaru tentang perawatan kimia dan fisik, bahan komposit berbasis serat kapuk, dan aplikasi terbaru serat kapuk.

Komposisi kimia serat kapuk bervariasi dalam laporan yang berbeda. Satu studi menemukan bahwa serat kapuk secara kimiawi terdiri dari 64% selulosa, 13% lignin, dan 23% *pentosan* berdasarkan berat (Kobayashi *et al.*, 1977), sementara yang lain menemukan bahwa serat kapuk terdiri dari 35% selulosa, 21,5% lignin, dan 22% xilan, dengan rasio unit *syringyl/guaiacyl* yang tinggi (4–6) dan tingkat gugus *asetil* yang tinggi (13,0%) dibandingkan dengan dinding sel tumbuhan normal (sekitar 2%–4%) (Chung *et al.*, 2008; Hori *et al.*, 2000). Perbedaan tersebut mungkin terkait dengan perbedaan sumber kapuk dan teknik pengolahannya. Derajat kristalisasi serat kapuk telah ditentukan menjadi 35,90%, birefringence spesifik 0,017 dan kerapatan curahnya adalah 0,30 g/cm, mengingat lumennya yang besar (Xiao *et al.*, 2005).

Ceiba Pentandra (L.) Gaertn (kapok) adalah sorben alami yang menunjukkan karakteristik hidrofobik-oleofilik yang sangat baik. Pengaruh kerapatan pengepakan, jenis minyak dan perlakuan pelarut terhadap karakteristik

penyerapan kapuk dipelajari dalam sistem batch. Kapasitas penyerapan minyak, kapasitas retensi, stabilitas jebakan dan reusability kapuk dievaluasi. Berdasarkan analisis SEM dan FTIR, serat kapuk terbukti merupakan bahan lignoselulosa dengan lapisan lilin hidrofobik di atas struktur berongga. Kepadatan pengepakan yang lebih tinggi pada 0,08 g/ml menunjukkan kapasitas penyerapan yang lebih rendah, tetapi persentase retensi minyak dinamis yang lebih tinggi, dengan hanya 1% minyak yang terkuras keluar dari sel uji. Kapuk tetap stabil setelah lima belas siklus penggunaan kembali dengan hanya 30% pengurangan kapasitas penyerapan. Stabilitas jebakan oli pada pengepakan 0,08 g/ml tinggi dengan lebih dari 90% solar dan oli mesin bekas tertahan setelah pengocokan horizontal. Setelah 8 jam perlakuan kloroform dan alkali, penurunan kapasitas penyerapan 2,1% dan 26,3% diamati, masing-masing, dibandingkan dengan kapuk mentah. Struktur berongga yang kaku direduksi menjadi struktur seperti pipih setelah perlakuan alkali, meskipun tidak ada perbedaan struktural utama yang diamati setelah perlakuan kloroform. Kapuk Malaysia telah menunjukkan potensi besar sebagai sorben minyak alami yang efektif, karena kapasitas penyerapan dan retensi yang tinggi, stabilitas struktural dan reusability yang tinggi.

Beberapa pemanfaatan kapuk dalam kehidupan sehari-hari seperti: (Syamsul *et al.*, 2013)

1. Serat kapuk tidak dapat dijadikan bahan pakaian karena kapuk tidak dapat dipintal, namun dapat digunakan sebagai bahan campuran serat lain.
2. Kapuk sangat baik digunakan untuk mengisi pelampung penyelamat karena kapuk mempunyai sifat mengembang yang baik.
3. Serat sangat baik untuk mengisi kasur dan bantal karena kapuk mempunyai sifat melenting yang baik.
4. Serat kapuk sangat baik dipakai untuk isolasi panas dan suara.
5. Biji kapuk dapat diambil minyaknya untuk pembuatan sabun.
6. Kayu pohon kapuk dapat dipergunakan sebagai bahan kertas.

2.2 Macam-macam Kapuk

Ada 3 varietas tanaman *Ceiba pentandra* yaitu var. *caribaea* (DC.) Bakh, var. *guineensis* (Schumach. & Thonn.) H.G. Baker, dan var. *pentandra*. Kapuk yang telah dikultivasi di wilayah Afrika Barat dan Asia ialah var. *pentandra*. Di negara

Mexico, *Ceiba pentandra* memiliki polinator kelelawar (Dick *et al.*, 2008). *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. memiliki chromosome number: $2n= 72-88$. Berdasarkan penelitian Brondani *et al.* (2003) tentang polimorfisme *Ceiba pentandra* dengan menggunakan *automated fluorescence detection* terlihat bahwa semua microsatellite loci menunjukkan tingkatan yang sangat tinggi dari kandungan informasi genetik dengan heterozigositas yang diharapkan berkisar dari 0.814 hingga 0.895. Di Indonesia, koleksi *germ-plasm ceiba pentandra* disimpan di Tobacco and Fibre Crops Research Institute di Malang dan memiliki 180 accession.

Ceiba pentandra dibagi pula menjadi dua kelompok besar yaitu: *Ceiba occidentalis*, banyak ditemukan di Amerika dan Afrika, dan *Ceiba orientalis*, yang berada di Asia. Hasil penelitian menunjukkan bahwa persilangan antara kedua kelompok tersebut dapat dilakukan dengan mudah. Hal ini menunjukkan kedekatan genetik keduanya. Hasil persilangan kedua tipe tersebut disebut tipe hibrida yang banyak dikembangkan di sentra-sentra kapuk. Di Amerika tidak terdapat klon kapuk tipe indika, dan sebaliknya di Asia saat ini hanya sedikit ditemukan tipe karibea. Dari 147 jenis kapuk yang dapat tumbuh di berbagai negara, terdapat dua jenis yang dapat menghasilkan produk yang cukup baik yakni: (1) *Indica*; memiliki batang pendek dan berdaun jarang, sedangkan jenis *caribbaca* memiliki batang yang lebih tinggi, besar, berdaun lebat. Dan (2) *Caribbaca*; pohonnya berukuran besar, tinggi mencapai 50 meter dan cabang terbawah dari permukaan tanah sekitar 10 meter. Di Amerika maupun di Afrika pohon-pohon tersebut dapat ditemukan di lapangan dengan mahkota yang sangat besar. Kecuali tipe yang bercabang rendah, juga ada tipe yang bercabang sangat tinggi, bercabang, tetapi mahkotanya kurang kokoh. Tipe Indika pohonnya berukuran relatif lebih kecil dibanding tipe Karibea dan tidak dapat bersaing dengan vegetasi-vegetasi liar.

2.3 Sifat Kapuk

Sifat kimia dan sifat fisika dari beberapa serat alam dapat dilihat pada table berikut. (Mwaikambo. 2006).

Tabel 1 Sifat kimia serat alam

Fibre type	Cellulose	Hemicelluloses	Lignin	Pactin	(Source)
Abaca	61-64	21	12	0,8	12,22
Bagasse	32-48	21	19,9-24	10	9,33
Banana	60-65	6-19	5-10	3-5	34
Bamboo	26-43	15-26	21-31	-	9
Coir	46	0,3	45	4	35,6
Cotton	82-96	2,6	0,5-1	5-7	9
Flax	60-81	14-19	2-3	0,9	9,36
Hemp	70-92	18-22	3-5	0,9	10,34,36
Jute	51-84	12-20	5-13	0,2	36,37
Kapok	13,16	-	-	-	38
Kenaf	44-57	21	15-19	2	9,27,28
Phormium	67	30	11	-	16
Peneapple	80-81	16-19	4,6-12	1-3	9
Ramie	68-76	13-15	0,6-1	1,9-2	36
Sisal	43-78	10-13	4-12	0,8-2	9,25,33,39
Wood	45-50	23-30	27	2-2,5	9

Tabel 2 Sifat fisika serat alam

Fibre type	Diameter (μm)	Length (mm)	Aspect ratio (l/d)	Micro-fibril angle (θ)	Bulk Density (kg/m^3)	Moisture regain (%)	[Source]
Abaca	17.0-21.4	4.6-5.2	257	-	1500	14.00	22
Bagasse	20	1.7	-	-	550-1250	-	9,10,22
Banana	-	2-3.8	-	11-12	1300-1350	-	9,10,22
Bamboo	10-40	2.7	-	-	1500	-	9,10,22
Coir	16.2-19.5	0.9-1.2	64	39-49	1250	13.00	10,22
Cotton	11.5-17	20-64	2752	20-30	1550	8.50	22,33
Flax	17.8-21.6	27.4-36.1	1258	5	1400-1500	12.00	22,41
Hemp	17.0-22.8	8.3-14.1	549	6.2	1400-1500	12.00	22,40,42,43
Jute	15.9-20.7	1.9-3.2	157	8.1	1300-1500	17.00	22,36,37
Kapok	15-35	Aug-32	724	-	384	10.90	22,38
Kenaf	17.7-21.9	2.0-2.7	119	-	1220-1400	17.00	22
Phormium	15.4-16.4	5.0-5.7	337	-	-	-	16,22
Pineapple	20-80	-	-	6-14	1520-1560	-	22,41,44
Ramie	28.1-35.0	60-250	4639		1550	8.50	22,41
Sisal	18.3-23.7	1.8-3.1	115	10-22	1300-1500	14.00	22,45

Beberapa sifat serat kapuk yang umum diketahui: (Syamsul *et al.*, 2013)

1. Warna serat kapuk coklat kekuning-kuningan dan mengkilap.
2. Serat kapuk sangat tipis, lembut, licin dan tidak elastis sehingga sulit untuk dipintal.

3. Serat kapuk mudah mengembang dan berat jenis seratnya sangat kecil.
4. Menyerap suara, mudah terbakar, sifat melenting yang baik, transparan, tidak higroskopis dan menahan panas.
5. Seratnya pendek dan tidak mempunyai pilinan asli.

2.4 Lignin

Lignin (terkadang disebut juga “lignen”) adalah senyawa kimia kompleks yang banyak didapatkan pada kayu dan bagian pelengkap dari dinding sel dalam tanaman. Lignin merupakan makromolekul ketiga yang terdapat dalam biomassa, berfungsi sebagai pengikat antar serat. Lignin dapat dihilangkan dari bahan dinding sel yang tak larut dengan klor dioksida. Struktur molekul lignin sangat berbeda bila dibandingkan dengan polisakarida, karena terdiri dari sistem aromatik yang tersusun atas unit-unit fenil propana. Sifat-sifat lignin yaitu tidak larut dalam air dan asam mineral kuat, larut dalam pelarut organik, dan larutan alkali encer. Lignin yang terikut dalam produk pulp menurunkan kekuatan kertas dan menyebabkan kertas menguning (Novia *et al.*, 2014).

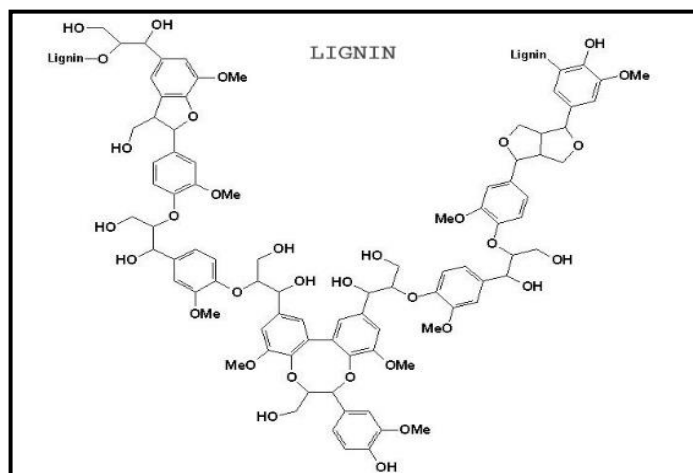
Lignin membuat tanaman kokoh dan memberikan serat dalam makanan. Lignin berfungsi pula untuk mengatur transportasi cairan pada tanaman hidup (sebagian untuk memperkuat dinding sel dan menjaganya dari kerobohan, sebagian lagi untuk mengatur laju dari cairan), dan memungkinkan pohon untuk tumbuh lebih tinggi dan berkontak langsung dengan cahaya matahari (Heru, 2016).

Kayu dengan kandungan lignin yang tinggi dapat bertahan lama dan merupakan bahan baku yang baik untuk berbagai kegunaan. Lignin juga merupakan bahan bakar yang unggul. Lignin menghasilkan lebih banyak energi saat terbakar dibandingkan dengan selulosa. Lignin harus dipisahkan dari pulp sebelum dilakukan pengolahan untuk membuat kertas berkualitas tinggi. (Heru, 2016).

2.5 Struktur dan Berat Molekul Lignin

Lignin merupakan komponen kimia kayu yang selalu bergabung dengan selulosa dan bukan merupakan karbohidrat, melainkan didominasi oleh gugus aromatis berupa fenilpropan. Di dalam kayu, lignin terutama terdapat dalam lamela tengah dan dinding sel primer (Kollmann and Cote, 1984). Menurut TAPPI (1999),

salah satu cara untuk mengisolasi lignin adalah dengan pemberian asam sulfat 72% (metoda Klason) dan terutama pada kayu yang berwarna hitam.

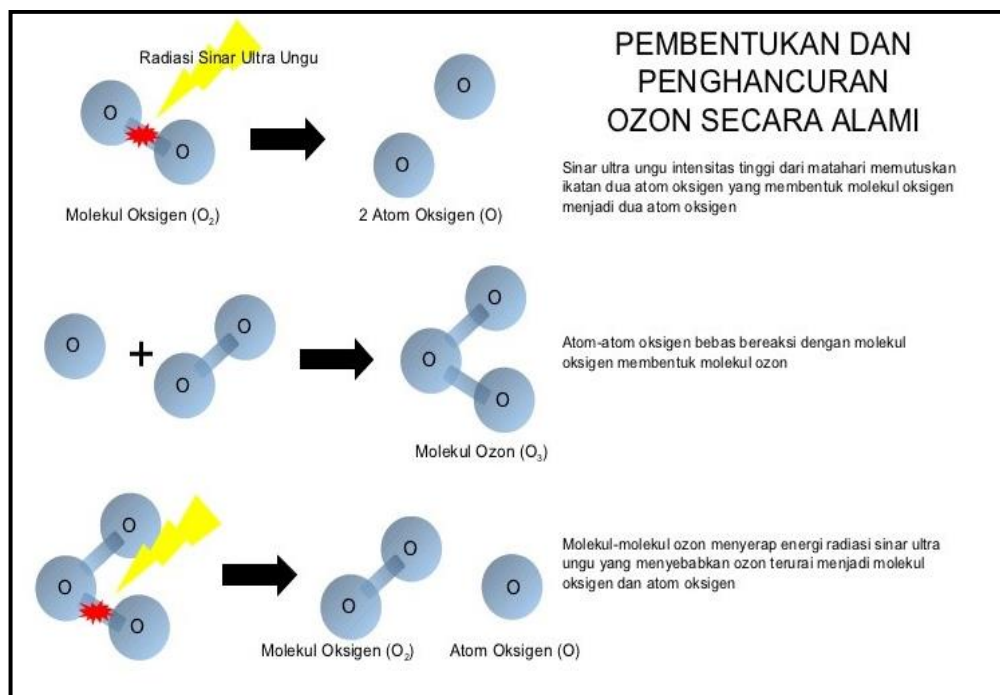


Gambar 1 Struktur molekul lignin
(Sumber : [struktur molekul lignin - Bing images](#))

Struktur bangun lignin tersusun oleh ikatan karbon-karbon dan eter, unit-unit trifungsional saling berhubungan dengan unit-unit terdekat menghasilkan cabang yang memberikan peningkatan karakteristik struktur jaringan lignin. Sifat fisik dan kimia lignin sangat dipengaruhi oleh gugus hidroksil fenolik. Gugus ini mempercepat sambungan eter dan degradasi oksidatif. Hal ini memperjelas kemampuannya dalam kereaktifan polimer lignin dalam berbagai variasi reaksi. Karena tidak memungkinkan mengisolasi lignin dari kayu tanpa degradasi, maka sangat sulit untuk menentukan berat molekul lignin. Metode yang berbeda untuk menghitung berat molekul lignin terisolasi memberikan hasil yang berbeda-beda dan agregasi molekul lignin dapat menghalangi determinasi berat molekul lignin sebenarnya (Heru, 2016).

2.6 Ozon

Ozon terdiri dari tiga molekul oksigen dan amat berbahaya pada kesehatan manusia. Secara alamiah, ozon dihasilkan melalui percampuran cahaya ultraviolet dengan atmosfer bumi dan membentuk suatu lapisan ozon.



Gambar 2 Pembentukan dan penghancuran ozon secara alami
(Sumber: <https://dlhk.jogiaprov.go.id/perlindungan-lapisan-ozon>)

Ozon merupakan *oksidator* kuat yang dapat dimanfaatkan untuk membunuh bakteri (*sterili-zation*), menghilangkan warna (*decoloration*), menghilangkan bau (*deodoration*) dan menguraikan senyawa organik (*degradation*). Ozon telah digunakan sebagai pembersih alternatif dalam pengolahan sayuran dan buah-buahan, bahkan dapat pula digunakan sebelum proses panen (Miller *et al.*, 2013).

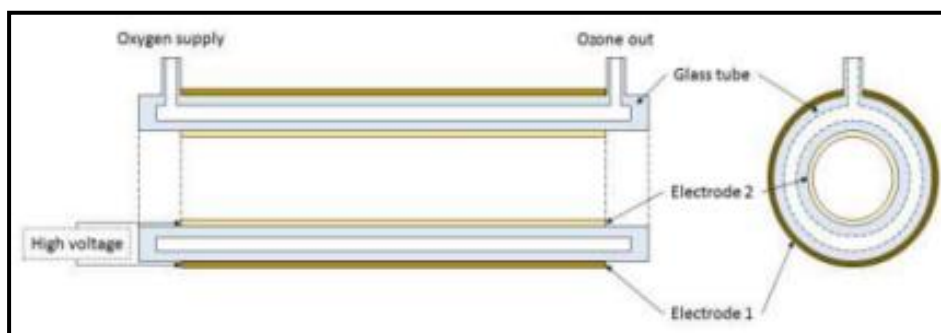
Ozon dikenal sebagai gas yang mampu memutihkan atau mengoksidasi barang-barang tertentu. Ini memiliki kapasitas pengoksidasi yang sangat baik yang dapat bereaksi dengan berbagai zat organik dan anorganik dalam air karena serangkaian zat antara atau produk sampingan seperti radikal hidroksil yang akan bereaksi tanpa selektivitas dapat dihasilkan dalam reaksi antara ozon dan air (Hoigne, 1988). Hasil serat tanaman sensitif berkurang ketika tanaman ini terkena tingkat O_3 di atas 40 ppb untuk waktu yang lama (Führer *et al.*, 1997). Setelah terpapar ozon, bercak klorosis atau nekrotik diamati pada jaringan daun. Kerusakan nekrotik yang terlihat pada jaringan daun padi (*Oryza sativa L.*) disebabkan oleh ozon (Agrawal *et al.*, 2002).

Salah satu arah yang menjanjikan untuk memperoleh produk industri penting adalah penggunaan ozon. Zat ini dianggap sebagai reagen yang

menjanjikan dari sudut pandang lingkungan, karena tidak membentuk produk konversi beracun, dan reaksi ozon dilakukan pada suhu kamar dan tekanan atmosfer. Selain itu, ozon digunakan sebagai oksidator, karena reaktivitasnya memungkinkan berinteraksi secara efektif dengan zat organik. (Kang G *et al*, 1995).

2.7 Generator Ozon

Ozon dapat dihasilkan dengan menggunakan generator ozon. Ozon diproduksi oleh ozonizer yang bekerja berdasarkan prinsip pelepasan penghalang dielektrik yang menghasilkan ozon diantara dua elektroda yang dipisahkan oleh bahan elektrik dan didukung oleh sinyal tegangan tinggi.



Gambar 3 Representasi skematis dari generator ozon yang bekerja berdasarkan prinsip *Dielectric Barrier Discharge* (DBD)

Seperti yang ditunjukkan pada gambar, dua elektroda mengelilingi kaca: satu di dalam silinder dan yang lainnya di luar. Ozon dihasilkan dari molekul oksigen yang terurai di dalam silinder di bawah pengaruh pelepasan tegangan tinggi dan kemudian bergabung kembali, membentuk molekul O_3 . Oleh karena itu, jumlah ozon dapat dikontrol dengan memvariasikan frekuensi tegangan ozonizer. Cara lain untuk mengontrol ozon yang dihasilkan adalah dengan mengatur aliran yang melintasi volume silinder. Generator ozon yang dijelaskan sebelumnya menghasilkan ozon berdasarkan kapasitas yang diberikan sebagai persentase tetapi perangkat tidak menunjukkan jumlah ozon yang dihasilkan. Oleh karena itu, penganalisis ozon digunakan untuk mengukur konsentrasi yang sesuai asupan mesin. Alat yang digunakan untuk memantau konsentrasi ozon adalah Ozone Gas Detector. Penentuan konsentrasi ozon didasarkan pada penyerapan radiasi UV oleh ozon. (Pinazzi, 2017).

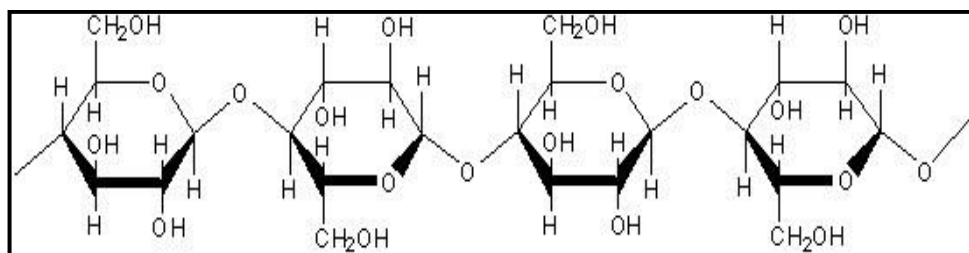
2.8 Selulosa

Polimer glukosa yang berbentuk rantai linier dan dihubungkan oleh ikatan β -1,4 glikosidik dari selulosa. Struktur yang linier menyebabkan selulosa bersifat kristalin dan tidak mudah larut. Selulosa tidak mudah didegradasi secara kimia maupun mekanis. Di alam, biasanya selulosa berasosiasi dengan polisakarida lain seperti hemiselulosa atau lignin membentuk kerangka utama dinding sel tumbuhan. Selulosa terdiri dari 7.000 - 15.000 molekul glukosa anhydrous. Selulosa bersifat tidak larut dalam air, asam, maupun basa pada suhu kamar. Struktur selulosa terdiri dari 60-70% kristalin dan 30- 40% amorphous, sehingga tidak mudah dihidrolisis (Krik dan Othmer, 1952).

Selulosa juga merupakan komponen struktural utama dinding sel dari tanaman berwarna hijau, kebanyakan berbentuk ganggang dan *Oomycetes*. Beberapa spesies bakteri mengeluarkan selulosa untuk membentuk biofilm. Sekitar 33% dari semua materi tanaman adalah selulosa. Pada dasarnya selulosa terdapat pada setiap tanaman.

Terdapat tiga jenis selulosa berdasarkan derajat polimerisasi dan kelarutannya dalam senyawa natrium OC hidroksida (NaOH) 17,5% dan suhu 20°C.

1. Selulosa- α (*Alpha Cellulose*) merupakan selulosa berantai panjang yang tidak larut dalam senyawa natrium hidroksida (NaOH) 17,5% ataupun larutan basa kuat yang memiliki DP (Derajat Polimerisasi) 600-1500 dan pada suhu 20°C. Selulosa- α digunakan sebagai penduga atau penentu tingkat kemurnian selulosa yang paling stabil terhadap larutan basa.
2. Selulosa- β (*Betha Cellulose*) merupakan selulosa berantai pendek yang dapat larut dalam NaOH yang memiliki DP 15–90. Selulosa- β dapat mengendap bila dinetralkan.
3. Selulosa- γ (*Gamma Cellulose*) sama dengan selulosa β , tetapi memiliki DP 15.



Gambar 4 Struktur selulosa

Secara alamiah molekul-molekul selulosa tersusun dalam bentuk fibril-fibril yang terdiri dari beberapa molekul selulosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Fibril-fibril ini membentuk struktur kristal yang dibungkus oleh lignin. Komposisi kimia dan struktur yang demikian membuat kebanyakan bahan yang mengandung selulosa bersifat kuat dan keras. Sifat kuat dan keras yang dimiliki oleh sebagian besar bahan berselulosa membuat bahan tersebut tahan terhadap peruraian secara enzimatik. Secara alamiah peruraian selulosa berlangsung sangat lambat (Fan *et al.*, 1982). Sebuah molekul selulosa memiliki rumus kimia generik $(C_6H_{12}O_5)_n$. Rantai panjang molekul selulosa berkisar dari 100 sampai 14.000 unit. Oleh karena itu, selulosa memiliki berat molekul rata-rata sekitar 300.000-500.000 (Zhou, 2011).

2.9 Hemiselulosa

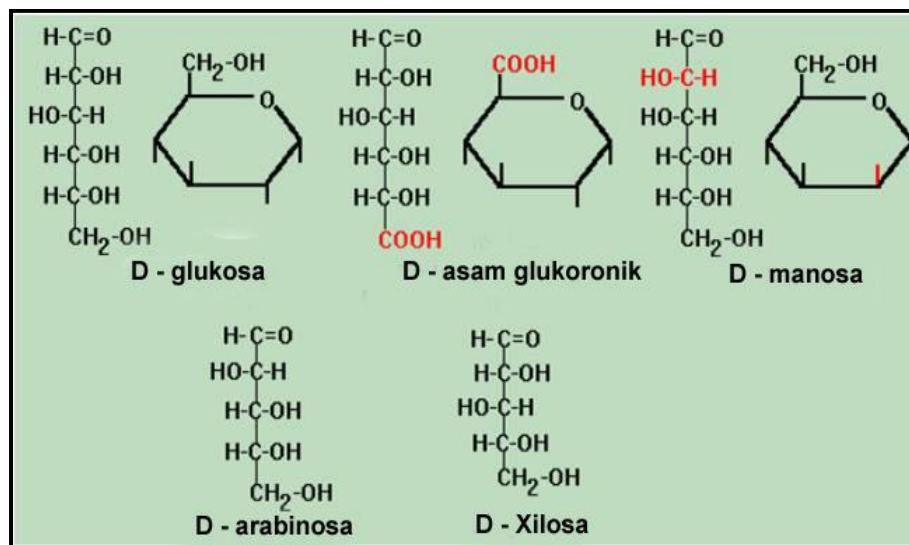
Hemiselulosa merupakan heteropolymers (*matrix polysaccharides*) yang berisi 200 monomer gula. Hemiselulosa berada bersama-sama dengan selulosa pada dinding sel dan keduanya diikat oleh pektin. Strukturnya yang terbesar adalah amorphous dan sebagian kecil berupa kristalin. Hemiselulosa mengandung beberapa monomer gula yaitu: xylosa, mannososa, galaktosa rhamnosa, arabinosa, dan glukosa. Xylosa merupakan gula yang paling banyak terkandung dalam hemiselulosa (Sukadarti *et al.*, 2010).

Hemiselulosa berfungsi sebagai pendukung dinding sel dan berlaku sebagai perekat antar sel tunggal yang terdapat didalam batang pisang dan tanaman lainnya. Hemiselulosa memiliki sifat non-kristalin dan bukan serat, mudah mengembang, larut dalam air, sangat hidrofolik, serta mudah larut dalam alkali. Hemiselulosa memiliki sifat-sifat yaitu tidak tahan terhadap perlakuan panas, strukturnya amorf dan mudah dimasuki pelarut, dapat diekstraksi menggunakan alkali dan ikatannya

lemah sehingga mudah dihidrolisis (Fengel *et al.*, 1995). Kandungan hemiselulosa yang tinggi memberikan kontribusi pada ikatan antar serat, karena hemiselulosa bertindak sebagai perekat dalam setiap serat tunggal. Pada saat proses pemasakan berlangsung, hemiselulosa akan melunak, dan pada saat hemiselulosa melunak, serat yang sudah terpisah akan lebih mudah menjadi berserabut (Indrainy *et al.*, 2005).

Perbedaan hemiselulosa dengan selulosa yaitu hemiselulosa mudah larut dalam alkali tapi sukar larut dalam asam, sedang selulosa adalah sebaliknya. Hemiselulosa juga bukan merupakan serat-serat panjang seperti selulosa. Hasil hidrolisis selulosa akan menghasilkan D-glukosa, sedangkan hasil hidrolisis hemiselulosa akan menghasilkan D-xilosa dan monosakarida lainnya (Winarno *et al.*, 1984). Rantai molekul hemiselulosa jauh lebih pendek bila dibandingkan dengan selulosa, dan dalam beberapa senyawa mempunyai rantai cabang.

Menurut Hartoyo pada tahun 1989, hemiselulosa tersusun dari gabungan gula-gula sederhana dengan lima atom karbon dengan rumus $C_5H_{10}O_5$ (*pentosan*) atau enam atom karbon dengan rumus $C_6H_{12}O_6$ (*hexosan*). Hemiselulosa relatif mudah dihidrolisis oleh asam menjadi komponen-komponen monomernya seperti D-glukosa, D-manosa, D-glaktosa, D-xilosa, Larabinosa dan sejumlah kecil L-ramnosa.



Gambar 5 Struktur Hemiselulosa

2.10 FTIR

Spektroskopi FTIR adalah teknik yang sangat efektif dan cepat yang digunakan untuk mempelajari polimer. Pengukuran spektroskopi FTIR didasarkan pada intensitas dan panjang gelombang penyerapan radiasi Infrared yang mengakibatkan masing-masing gugus fungsi bervibrasi pada bilangan gelombang khasnya. Isolasi spektroskopi FTIR diperlukan untuk menunjang dalam pengevaluasian keberhasilan selulosa dengan memantau pengurangan intensitas gugus fungsi molekul lignin dan peningkatan intensitas molekul selulosa (Jufrinaldi, 2018).

Radiasi inframerah terletak antara cahaya tampak dan gelombang mikro dan merupakan salah satu bagian dari spektrum elektromagnetik (Samsiah, 2009). Spektrum vibrasi molekul yang dihasilkan berfungsi untuk mengidentifikasi struktur suatu senyawa kimia (Beasley *et al.*, 2014).

Berdasarkan daerah inframerah bilangan gelombang terbagi menjadi tiga, yaitu sebagai berikut:

1. Daerah inframerah dekat terdapat pada bilangan gelombang 12500cm^{-1} - 4000cm^{-1} .
2. Daerah inframerah sedang terdapat pada bilangan gelombang 4000cm^{-1} - 400cm^{-1} yang melakukan transisi energi vibrasi dari molekul untuk memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi.
3. Daerah inframerah jauh terdapat pada bilangan gelombang 400cm^{-1} - 10cm^{-1} yang bermanfaat untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat (Schechter, 1997).

Suatu gugus fungsi yang spesifik dapat teridentifikasi dari hasil setiap serapan yang ditimbulkan pada panjang gelombang tertentu. Hooke mengatakan bahwa spektrofotometer FTIR didasarkan atas senyawa yang terdiri atas dua atom (diatom) yang digambarkan dengan dua buah bola yang saling terikat oleh pegas.

Spektrofotometer FTIR pada umumnya memiliki tiga teknik pengukuran sampel, yaitu Photo Acoustic Spectroscopy (PAS), Attenuated Total Reflectance (ATR), dan Difuse Reflectance Infrared Fourier Transform (DRIFT). Spektrum vibrasi molekul yang dihasilkan dari setiap teknik memiliki karakteristik tertentu (Beasley, dkk., 2014).

2.11 Uji Morfologi

Pada serat alam, morfologi seratnya menunjukkan suatu bentuk dengan perbedaan yang besar antara satu dengan yang lainnya, karena serat-serat tersebut ditentukan oleh jenis tanaman dan jenis hewannya. Dalam batas tertentu morfologi mempunyai bentuk yang tetap, oleh karena itu morfologi serat dari serat alam sangat menentukan dalam identifikasi seratnya. Pada dasarnya identifikasi serat tekstil dapat dilakukan dengan beberapa cara antara lain : cara mikroskopi, cara pelarutan, pewarnaan, pengukuran berat jenis, pembakaran, dan pengukuran titik leleh. Pemeriksaan morfologi serat memerlukan suatu mikroskop. Pengamatan dengan mikroskop merupakan satu-satunya cara yang dapat digunakan untuk identifikasi serat dimana terdapat campuran serat-serat yang berbeda jenisnya. Oleh karena itu pengamatan dengan mikroskop adalah cara yang paling penting dan banyak digunakan untuk identifikasi serat.